

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





PTO/SB/21 (05-03)

Approved for use through 04/30/2003. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

**TRANSMITTAL  
FORM**

(to be used for all correspondence after initial filing)

Application Number	10/821,031
Filing Date	April 8, 2004
First Named Inventor	Nathalie Martin et al.
Art Unit	Unknown
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	VA30448

Total Number of Pages in This Submission

14

**ENCLOSURES** (Check all that apply)

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form                                | <input type="checkbox"/> Drawing(s)  | <input type="checkbox"/> After Allowance communication to Group                            |
| <input type="checkbox"/> Fee Attached  | <input type="checkbox"/> Licensing-related Papers                              | <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences        |
| <input type="checkbox"/> Amendment/Reply                                     | <input type="checkbox"/> Petition  | <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) |
| <input type="checkbox"/> After Final   | <input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application      | <input type="checkbox"/> Proprietary Information   |
| <input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)                           | <input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation                         | <input type="checkbox"/> Status Letter   |
| <input type="checkbox"/> Extension of Time Request                           | <input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address                      | <input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):                       |
| <input type="checkbox"/> Express Abandonment Request                         | <input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer                                   |  |
| <input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement                    | <input type="checkbox"/> Request for Refund                                    |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)   | <input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____                             |  |
| <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/Incomplete Application    | <b>Remarks</b>   |  |
| <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53 | Certified Copy of French Priority Document<br>No. 03 04407 filed April 9, 2003 |  |

**SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT**

Firm or Individual name	Arthur E. Fournier, Jr. - Reg. No. 22,816
Signature	<i>Arthur E. Fournier, Jr.</i>
Date	May 18, 2004

**CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below.

Typed or printed name	Janey Bruno		
Signature	<i>Janey Bruno</i>	Date	May 18, 2004

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.





# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## **COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **25 MARS 2004**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planché', enclosed within a large, loopy oval stroke.

**Martine PLANCHE**

**INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE**

**SIEGE**  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>9 AVRIL 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0304407</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>09 AVR. 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>CABINET LAVOIX</b> <b>2, Place d'Estienne d'Orves</b> <b>75441 PARIS CEDEX 09</b>	
<b>Vos références pour ce dossier BFF 03P0034</b> <i>(facultatif)</i>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> <b>Module de commutation de puissance et onduleur équipé de ce module.</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale		ALSTOM	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____ 25 avenue Kléber - 75116 PARIS	
Domicile ou siège	Rue		
	Code postal et ville	FRANCE	
	Pays	Française	
Nationalité			
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>9 AVRIL 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0304407</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 210502
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue Code postal et ville Pays N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		<b>CABINET LAVOIX</b>  2 Place d'Estienne d'Orves 75441 PARIS CEDEX 09 FRANCE 01 53 20 14 20 01 48 74 54 56 brevets@cabinet-lavoix.com	
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		B. DOMENEGO n° 00.0500  VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	



L'invention concerne un module de commutation de puissance et un onduleur polyphasé équipé de ce module.

Plus précisément, l'invention concerne un module de commutation de puissance comportant :

- 5           - au moins un commutateur de puissance au-dessus d'au moins un autre commutateur de puissance, le ou chaque commutateur du dessus comportant une paroi supérieure, et le ou chaque commutateur du dessous comportant une paroi inférieure, ces parois inférieure et supérieure étant aptes à être refroidies par conduction thermique avec un fluide de refroidissement,
- 10           - des canaux fermés inférieurs et supérieurs configurés pour faire circuler le fluide de refroidissement le long respectivement des parois inférieure et supérieure des commutateurs du dessous et du dessus.

De tels modules de puissance sont par exemple utilisés dans les onduleurs de puissance triphasée alimentant des moteurs de machines  
15 électriques, tels que les moteurs de traction d'un train.

Classiquement, de tels onduleurs de puissance comportent deux interrupteurs par phase.

Les courants à commuter étant relativement importants, c'est-à-dire par exemple, de l'ordre de quelques milliers d'ampères, chaque interrupteur est  
20 en réalité formé de plusieurs commutateurs de puissance, eux-mêmes formés chacun d'une multitude d'interrupteurs élémentaires, tels que, par exemple, des transistors IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*). Du fait de la présence de cette multitude de transistors, ces interrupteurs de puissance sont d'une part, volumineux et, d'autre part, doivent être refroidis pour éviter un échauffement  
25 excessif.

A cet effet, il est connu de former un module de commutation dans lequel les deux interrupteurs d'une même phase sont disposés l'un au-dessus de l'autre, de manière à réduire l'encombrement de ce module. Dans ce mode de réalisation connu, un circuit de refroidissement est ménagé  
30 uniquement sur les surfaces extérieures de chacun des interrupteurs du module, de manière à évacuer la chaleur générée par les transistors.

Bien que ce module, comportant deux interrupteurs l'un au-dessus de l'autre, soit moins encombrant que ceux utilisés jusqu'à présent, son encombrement reste, toutefois, important.

5 Ainsi, l'invention vise à réduire encore plus l'encombrement d'un module de commutation de puissance comportant au moins deux interrupteurs de puissance placés l'un au-dessus de l'autre.

L'invention a donc pour objet un module de commutation de puissance, caractérisé :

10 - en ce que le ou chaque commutateur du dessus comporte en plus une paroi inférieure et le ou chaque interrupteur du dessous comporte en plus une paroi supérieure, les parois inférieure et supérieure supplémentaires étant aptes à être refroidies par un fluide de refroidissement, et

15 - en ce qu'il comporte des évidements inférieur et supérieur, ménagés dans le module le long, respectivement de la paroi supérieure du ou de chaque commutateur du dessous et le long de la paroi inférieure du ou de chaque commutateur du dessus pour faire circuler le fluide de refroidissement le long de ces parois.

Dans le module ci-dessus, les commutateurs de chaque interrupteur sont refroidis par dessus et par dessous. Dès lors, dans ce module, la chaleur  
20 créée par les pertes par commutation des transistors est évacuée par l'intermédiaire de deux parois au lieu d'une seule, comme dans les modules de commutation connus. Le refroidissement des transistors est donc beaucoup plus performant. Par ailleurs, la quantité de courant que peut commuter un transistor est principalement limitée par sa capacité à dissiper la chaleur. En  
25 particulier, lorsqu'un transistor est refroidi, il a été constaté qu'il est possible de faire commuter à ce transistor des courants jusqu'à cinq fois supérieurs à la valeur nominale prévue pour ce transistor. Ainsi, à caractéristiques électriques égales, l'interrupteur de puissance utilisé dans le module ci-dessus présente moins de transistors qu'un interrupteur de puissance de l'état de la technique  
30 refroidi uniquement par une seule paroi. Puisque le nombre de transistors dans chaque interrupteur est réduit, l'encombrement de chaque interrupteur est également réduit. Il a été constaté que cette diminution de la taille de chaque interrupteur contrebalançait largement l'augmentation de la taille du module de

commutation due à la présence de parois supplémentaires et d'un second circuit de circulation d'un fluide de refroidissement. Par conséquent, un module de commutation équipé de deux circuits de refroidissement présente finalement un encombrement inférieur à celui d'un module de commutation ne  
5 présentant qu'un seul circuit de refroidissement.

Suivant d'autres caractéristiques du module de commutation conforme à l'invention celui-ci se caractérise en ce que :

- le ou chaque commutateur comporte un seul radiateur thermiquement raccordé à l'une de ces parois inférieure ou supérieure, ce  
10 radiateur étant équipé d'ailettes en contact direct avec le liquide de refroidissement circulant dans les canaux ou les évidements ;

- seule la paroi supérieure du ou de chaque commutateur du dessus comporte un radiateur, et seule la paroi inférieure du ou de chaque commutateur du dessous comporte un radiateur ;

15 - les ailettes des radiateurs sont parallèles à la direction principale de circulation du fluide de refroidissement ;

- les évidements inférieur et supérieur sont raccordés fluidiquement l'un à l'autre pour former un seul circuit de circulation de fluide de refroidissement le long de la paroi supérieure du ou de chaque commutateur du  
20 dessous et le long de la paroi inférieure du ou de chaque commutateur du dessus ;

- les canaux inférieur et supérieur sont raccordés fluidiquement l'un à l'autre pour former un seul circuit de circulation de fluide de refroidissement le long de la paroi supérieure du ou de chaque commutateur du dessus et le long  
25 de la paroi inférieure du ou de chaque commutateur du dessous ;

- le ou chaque circuit de circulation du fluide de refroidissement est raccordé à une même pompe apte à faire circuler le fluide de refroidissement dans le ou chaque circuit de circulation ;

- au moins les extrémités d'un évidement et d'un canal sont  
30 fluidiquement raccordées à une embouchure commune d'entrée ou de sortie de fluide de refroidissement ;

- chaque commutateur comporte plusieurs transistors, et des pistes électriques sur lesquelles l'émetteur et/ou la grille de chaque transistor est soudé, ces pistes étant réalisées sur une surface intérieure de la paroi refroidie par le fluide de refroidissement qui circule dans l'évidement ;

5           - chaque commutateur comporte en plus des pistes électriques sur lesquelles le collecteur de chaque transistor est soudé, ces pistes étant réalisées sur une surface intérieure de la paroi refroidie par le fluide de refroidissement qui circule dans un canal ;

10           - les transistors sont raccordés électriquement aux pistes électriques par l'intermédiaire de cylindres de soudure fondus.

L'invention a également pour objet un onduleur polyphasé dans lequel chaque phase comporte deux interrupteurs formés chacun d'au moins un commutateur, caractérisé en ce que les deux interrupteurs d'une même phase sont réalisés à l'aide d'un seul module de commutation de puissance conforme  
15 à l'une quelconque des revendications précédentes.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

20           - la figure 1 est un schéma électrique d'un onduleur de puissance comportant plusieurs interrupteurs,

- la figure 2 est un schéma électrique partiel d'un des interrupteurs de l'onduleur de la figure 1,

- la figure 3 est une vue éclatée d'un commutateur utilisé pour réaliser l'un des interrupteurs de l'onduleur de la figure 1,

25           - les figures 4 et 5 sont respectivement des vues en coupe selon la ligne IV de la figure 5 et selon la ligne V de la figure 4 d'un interrupteur de l'onduleur de la figure 1, et

30           - les figures 6 et 7 sont respectivement des vues en coupe selon la ligne VI de la figure 7 et selon la ligne VII de la figure 6 d'un module de commutation conforme à l'invention.

La figure 1 représente un onduleur triphasé de puissance 2 destiné à alimenter une machine électrique tournante 4, tel qu'un moteur, sous la commande d'un calculateur électronique 6.

Le moteur 4 est, par exemple, un des moteurs de traction d'un train.

Le calculateur 6 et les procédés de commande d'un onduleur triphasé sont connus. Ils ne seront donc pas décrits en détail ici.

Le schéma électrique de l'onduleur 2 est classique. Il se compose de  
5 trois phases électriques identiques, 10, 12 et 14 formées chacune de deux interrupteurs de puissance identiques 16 et 18. Chaque interrupteur de puissance est ici destiné à commuter des courants de plusieurs milliers d'ampères et apte à résister à des différences de potentiel de plusieurs milliers de volts.

10 A cet effet, chaque interrupteur est formé à partir de plusieurs commutateurs électriques raccordés en parallèle.

La figure 2 représente, par exemple, un interrupteur formé de quatre commutateurs identiques 20 à 23. Seul le commutateur 20 est représenté en détail.

15 Ici, à titre d'exemple, chaque commutateur se compose de quatre transistors IGBT 26 à 29, raccordés en parallèle et de deux diodes 32, 33, raccordées en position antiparallèle aux bornes de ces transistors.

Chaque transistor est, par exemple, capable de supporter une tension de 3 000 volts et un courant nominal maximal de 150 ampères. Le fait  
20 de raccorder en parallèle les transistors permet donc de réaliser un commutateur capable de commuter un courant beaucoup plus important que celui supporté par chacun des transistors qui le constituent.

La grille de chacun des transistors 26 à 29 est raccordée par l'intermédiaire d'une résistance respective 36 à 39 à une électrode de  
25 commande de grille non représentée.

La figure 3 représente dans une vue en perspective la structure éclatée du commutateur 20. Le commutateur comporte un substrat ou paroi inférieur 50, formé dans un matériau électriquement isolant et thermiquement conducteur, tel qu'un matériau diélectrique. Le substrat 50 est sensiblement  
30 rectangulaire et disposé à l'horizontale.

Sur une surface intérieure du substrat 50 tournée vers le haut, sont gravées des pistes électriques 52 raccordant les collecteurs des transistors 26 à 29 à des électrodes de collecteur 54. Ces électrodes de collecteur 54 sont

soudées aux pistes 52 et font saillie vers l'extérieur sur le petit côté arrière du substrat 50.

Chaque transistor comporte deux faces planes opposées. Ici, sur la figure 3, la face inférieure de chaque transistor porte les électrodes de collecteur du transistor, tandis que la face supérieure porte les électrodes de grille et d'émetteur de ce même transistor.

Le collecteur de chacun des transistors 26 à 29 et la cathode des diodes 32 et 33 sont raccordés par brasage aux pistes 52. Le brasage permet, en plus du raccordement électrique d'assurer le raccordement thermique du collecteur des transistors au substrat 50. Pour assurer un bon transfert de chaleur entre le collecteur de chaque transistor et le substrat 50, la surface de brasage est choisie la plus grande possible.

Le commutateur 20 comporte également un substrat ou paroi supérieur rectangulaire 60, formé dans un matériau électriquement isolant et thermiquement conducteur. Sur la face intérieure de ce substrat 60 tournée vers le substrat 50, sont également gravées des pistes électriques 62, 64. La piste 62 est destinée à raccorder les grilles des transistors 26 à 29 à une électrode de grille 66 par l'intermédiaire des résistances 36 à 39. La piste 64 est destinée à raccorder les émetteurs des transistors 26 à 29 à des électrodes d'émetteur 68.

Ici, les électrodes de grilles et d'émetteurs 66, 68 sont fixées sur le substrat 50.

Finalement, le commutateur 20 comporte également un capteur de température 70 et un radiateur 72.

Le capteur de température 70 est fixé sur la surface intérieure du substrat 50.

Le radiateur 72 est un radiateur en cuivre comportant une multitude d'ailettes 74 parallèles les unes aux autres. Deux ailettes consécutives 74 forment un mini canal de section transversale sensiblement rectangulaire, ayant, par exemple, une profondeur de 3 millimètres et une largeur de 1 millimètre. Le radiateur 72 est fixé par brasage sur la surface extérieure du substrat 50, de manière à ce que les ailettes 74 soient parallèles au petit côté du substrat 50.

Le substrat 60 est fixé parallèlement au substrat 50 et au dessus de celui-ci à l'aide d'un procédé de soudure par cylindres de soudure, connu sous le terme de Procédé de Soudure "*Bumps*". A cet effet, des cylindres de soudure 80 sont disposés sur les différentes surfaces à raccorder électriquement et thermiquement aux pistes 62 et 64 du substrat 60. Ici, ces cylindres 80 sont disposés en particulier sur la surface d'anode des diodes 32 et 33, et sur les surfaces des émetteurs et des grilles des transistors 26 à 29. D'autres cylindres 80 sont également placés de manière à raccorder les électrodes de grille 66 et d'émetteur 68 aux pistes 62 et 64.

Lors de l'assemblage du substrat 60 sur le substrat 50, ces cylindres 80 sont fondus de manière à raccorder électriquement, thermiquement et mécaniquement le substrat 60 au substrat 50. De plus, grâce à l'utilisation de ces cylindres 80, la surface de contact entre les pistes 62, 64 et les surfaces correspondantes des émetteurs et des grilles des transistors est importante et permet également d'assurer un bon transfert de la chaleur entre ces surfaces brasées.

Seul un radiateur 72 est fixé du côté collecteur des transistors car il a été constaté que la quantité de chaleur susceptible d'être évacuée par le substrat auquel sont brasés les collecteurs est nettement supérieure à celle susceptible d'être évacuée par le substrat auquel sont raccordés les émetteurs et les grilles.

Une fois que le substrat 60 a été soudé au substrat 50, l'espace entre ces deux substrats est rempli à l'aide d'un gel diélectrique de manière à isoler les composants électriques de l'environnement extérieur.

Les figures 4 et 5 représentent schématiquement la structure de l'interrupteur 18. Celui-ci comporte un support inférieur 90 en matériau électriquement isolant tel que du plastique disposé à l'horizontal.

Ce support 90 est, par exemple, formé d'un plateau parallélépipédique horizontal 92 supporté par quatre pieds d'angles verticaux 94.

Sur la surface supérieure de ce plateau 92, est ménagé un canal ouvert 96 de section rectangulaire et s'étendant parallèlement au plus grand côté du plateau 92. Ce canal 96 est destiné à recevoir un liquide de

refroidissement ainsi que les radiateurs 72 des commutateurs. A cet effet, la largeur et la profondeur du canal sont adaptées à la largeur et à la hauteur du radiateur 72. En particulier, la profondeur est choisie de manière à ce que l'extrémité libre inférieure de chaque ailette 74 soit en contact avec le fond du canal 96 de manière à définir entre chaque ailette 74 un mini-canal de circulation du liquide de refroidissement. Une telle configuration améliore l'efficacité des ailettes 74.

Les quatre commutateurs 20 à 23 formant l'interrupteur 18 sont emboîtés dans le support 90, de manière à ce que leurs radiateurs 72 respectifs soient logés dans le canal 96. Ici, les commutateurs 20 à 23 sont disposés de manière à ce que les ailettes 74 des radiateurs soient parallèles au plus grand côté du support 90. Cette configuration permet de faciliter l'écoulement du liquide de refroidissement dans le canal 96. Ici, les substrats 50 des commutateurs 20 à 23 sont donc alignés les uns derrière les autres dans un même plan parallèle à la surface supérieure du plateau 92. La surface inférieure des substrats 50 est, par exemple, fixée par collage étanche aux bords du canal 96.

Les figures 6 et 7 représentent schématiquement la structure d'un module de commutation 100 assemblé. Ce module de commutation 100 réunit, par exemple, les interrupteurs 16 et 18 placés en miroir l'un au-dessus de l'autre.

La structure de l'interrupteur 16 est, par exemple, identique à celle de l'interrupteur 18 décrite en regard des figures 4 et 5. En particulier, l'interrupteur 16 comporte quatre commutateurs 110 à 113 respectivement identiques aux commutateurs 20 à 23 fixés sur un support 120, identique au support 90. Ici, les mêmes références que celles utilisées pour décrire le commutateur 20 sont utilisées pour désigner les éléments identiques des commutateurs 110 à 113. Le canal ouvert dans lequel sont logés les commutateurs 110 à 113 porte ici la référence 116.

En position assemblée, les substrats 60, respectivement des interrupteurs 16 et 18 se font face.

Une cale 130, en forme de parallélépipède horizontal, est logée entre les substrats 60, respectivement des interrupteurs 16 et 18 de manière à



maintenir les commutateurs 110 à 113 à une distance prédéterminée des commutateurs 20 à 23.

Cette cale 130 comporte un logement pour chacun des commutateurs 20 à 23 et 110 à 113. De plus, la forme de cette cale 130 est adaptée pour venir sceller hermétiquement la surface ouverte des canaux 116 et 96.

A l'intérieur de cette cale 130 est ménagé un seul premier circuit 132 de circulation d'un liquide de refroidissement destiné à refroidir tous les transistors du module 100 par l'intermédiaire des substrats 60. A cet effet, deux évidements rectilignes horizontaux 133 et 134 de section transversale rectangulaire s'étendent à l'intérieur de la cale 130 parallèlement au plus grand côté de cette cale, et le long de la surface extérieure de chacun des substrats 60. L'extrémité gauche de ces évidements 133 et 134 est débouchante, tandis que les extrémités droites de ces mêmes évidements sont fluidiquement raccordées par l'intermédiaire d'un premier évidement semi circulaire 136. De préférence, l'épaisseur des évidements 133 et 134 est inférieure ou égale à 1mm de manière à maximiser l'efficacité du transfert de chaleur par rapport au volume de liquide de refroidissement mis en œuvre.

La cale 130 comporte également à son extrémité droite un second évidement semi circulaire 138 raccordant fluidiquement les extrémités de droite des canaux 96 et 116. Ainsi, un second circuit 140 de circulation du liquide de refroidissement propre à refroidir tous les transistors du module 100 par l'intermédiaire des substrats 50 est créé.

Les circuits 132 et 140 présentent chacun une section longitudinale en forme de "U".

L'extrémité droite de la cale 130 contenant les évidements 136 et 138 est soit venue de matière avec la cale 130 soit, par exemple, venue de matière avec l'un des supports 90 ou 120.

A l'intérieur du module 100, les premier et second circuits 132 et 140 sont fluidiquement indépendants l'un de l'autre.

Les extrémités de gauche du canal 96 et de l'évidement 133 sont raccordés fluidiquement par l'intermédiaire d'un raccord 141 en forme de Y à la sortie d'une même pompe 142.

De façon similaire, les extrémités de gauche du canal 116 et de l'évidement 134 sont raccordées fluidiquement par un raccord 144 en forme de Y à l'entrée de cette même pompe 142. Ainsi, une seule pompe permet de faire circuler le liquide de refroidissement dans les deux circuits 132 et 140.

5 Ici, la sortie de la pompe 142 est apte à propulser le liquide de refroidissement à l'intérieur des circuits 132 et 140, et l'entrée de la pompe 142 est apte à aspirer le liquide de refroidissement présent dans les circuits 132 et 140.

10 Le sens de circulation de ce liquide est représenté par des flèches sur la figure 7.

Le fonctionnement du module 100 va maintenant être décrit.

Lors du fonctionnement des interrupteurs, chaque transistor produit de la chaleur à cause des pertes par commutation mais aussi à cause de la conduction d'électricité. La partie la plus importante de la chaleur produite est transférée par l'intermédiaire du collecteur et du substrat 50 au radiateur 72. La présence de minicanaux entre les ailettes 74 du radiateur 72 permet d'augmenter la surface de contact avec le liquide de refroidissement circulant dans le circuit 140. Le transfert de chaleur entre le radiateur 72 et le liquide de refroidissement se fait donc de façon plus efficace.

20 L'autre partie de la chaleur produite par les transistors est transférée par l'intermédiaire des substrats 60, directement au liquide de refroidissement circulant dans le circuit 132.

Ainsi, puisque les transistors sont refroidis par l'intermédiaire de leurs faces inférieure et supérieure, l'échauffement de chaque transistor est considérablement limité. Il est, dès lors, possible d'utiliser ces transistors pour commuter des courants bien supérieurs à la valeur nominale du courant pour lesquels ils sont prévus. Il est donc possible grâce à la présence de deux circuits de refroidissement, respectivement des faces inférieures et supérieures des transistors soit de fabriquer un module 100 de commutation, capable de commuter des courants de valeurs bien plus importantes avec le même nombre de transistors soit de réduire le nombre de transistors et donc la taille du module 100 pour commuter un courant identique.

Ici, le liquide de refroidissement utilisé est, par exemple, de l'eau. Toutefois, en variante, d'autres liquides de refroidissement peuvent être utilisés. Il est également possible de remplacer le liquide de refroidissement par un gaz, tel qu'un gaz inerte.

5 Ici, le module 100 décrit comporte un seul premier circuit 132 de refroidissement des substrats 60 et un seul second circuit de refroidissement des substrats 50 alimentés à partir d'une même pompe. Toutefois, en variante, le module de puissance comporte plusieurs premiers circuits de refroidissement des substrats 60 et plusieurs seconds circuits de refroidissement des substrats  
10 50. A cet effet, par exemple, les canaux 96 et 116 et les évidements 133 et 134 sont débouchants à chacune de leur extrémité droite et gauche. Les extrémités débouchantes de gauche sont raccordées de façon similaire à ce qui a été décrit en regard de la figure 7 à une première pompe, tandis que les extrémités débouchantes de droite sont raccordées de façon analogue à une seconde  
15 pompe. Dans cette variante, les canaux 96 et 116 forment deux premiers circuits indépendants l'un de l'autre, de circulation d'un fluide destiné à refroidir les substrats 50, respectivement des interrupteurs 16 et 18. Les évidements 133 et 134 forment deux seconds circuits indépendants de circulation d'un fluide destiné à refroidir les substrats 60, respectivement des interrupteurs 16 et  
20 18.

Le module 100 a été décrit dans le cas particulier où les transistors sont des transistors IGBT. Toutefois, en variante, les transistors sont, par exemple, des transistors bi-polaires ou des transistors mosfet ou encore remplacés par d'autres composants électroniques qu'il est nécessaire de  
25 refroidir de façon efficace.

Les interrupteurs ont été ici décrits dans le cas particulier où ils comportent quatre commutateurs. Toutefois, en variante, un interrupteur de puissance peut être formé de plus de quatre commutateurs ou de moins de quatre commutateurs, tel que, par exemple, d'un seul commutateur.

### REVENDEICATIONS

1. Module de commutation de puissance comportant :

- au moins un commutateur de puissance (110 à 113) au-dessus
- 5 d'au moins un autre commutateur de puissance (20 à 23), le ou chaque commutateur du dessus comportant une paroi supérieure (50), et le ou chaque commutateur du dessous comportant une paroi inférieure (50), ces parois inférieure et supérieure étant aptes à être refroidies par conduction thermique avec un fluide de refroidissement,
- 10 - des canaux fermés inférieurs (96) et supérieurs (116) configurés pour faire circuler le fluide de refroidissement le long respectivement des parois inférieures et supérieures (50) des commutateurs du dessous et du dessus, caractérisé :
- en ce que le ou chaque commutateur du dessus (110 à 113)
- 15 comporte en plus une paroi inférieure (60) et le ou chaque interrupteur du dessous (20 à 23) comporte en plus une paroi supérieure (60), les parois inférieure et supérieure supplémentaires étant aptes à être refroidies par un fluide de refroidissement, et
- en ce qu'il comporte des évidements inférieur (133) et supérieur
- 20 (134), ménagés dans le module le long, respectivement de la paroi supérieure (60) du ou de chaque commutateur du dessous et le long de la paroi inférieure (60) du ou de chaque commutateur du dessus pour faire circuler le fluide de refroidissement le long de ces parois.

2. Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que le ou

25 chaque commutateur (20 à 23, 110 à 113) comporte un seul radiateur (72) thermiquement raccordé à l'une de ces parois inférieure ou supérieure, ce radiateur étant équipé d'ailettes (74) en contact direct avec le liquide de refroidissement circulant dans les canaux (96, 116) ou les évidements (133, 134).

30 3. Module selon la revendication 2, caractérisé en ce que seule la paroi supérieure (50) du ou de chaque commutateur (110 à 113) du dessus comporte un radiateur (72), et en ce que seule la paroi inférieure du ou de chaque commutateur (20 à 23) du dessous comporte un radiateur (72).

4. Module selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les ailettes (74) des radiateurs sont parallèles à la direction principale de circulation du fluide de refroidissement.

5. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les évidements inférieur (133) et supérieur (134) sont raccordés fluidiquement l'un à l'autre pour former un seul circuit (132) de circulation de fluide de refroidissement le long de la paroi supérieure (60) du ou de chaque commutateur du dessous et le long de la paroi inférieure (60) du ou de chaque commutateur du dessus.

10 6. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les canaux inférieur (96) et supérieur (116) sont raccordés fluidiquement l'un à l'autre pour former un seul circuit (140) de circulation de fluide de refroidissement le long de la paroi supérieure (50) du ou de chaque commutateur du dessus et le long de la paroi inférieure (60) du ou de chaque commutateur du dessous.

15 7. Module selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le ou chaque circuit (132, 140) de circulation du fluide de refroidissement est raccordé à une même pompe (142) apte à faire circuler le fluide de refroidissement dans le ou chaque circuit de circulation.

20 8. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que au moins les extrémités d'un évidement et d'un canal sont fluidiquement raccordées à une embouchure commune (141, 144) d'entrée ou de sortie de fluide de refroidissement.

25 9. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fluide de refroidissement est un liquide, tel que de l'eau.

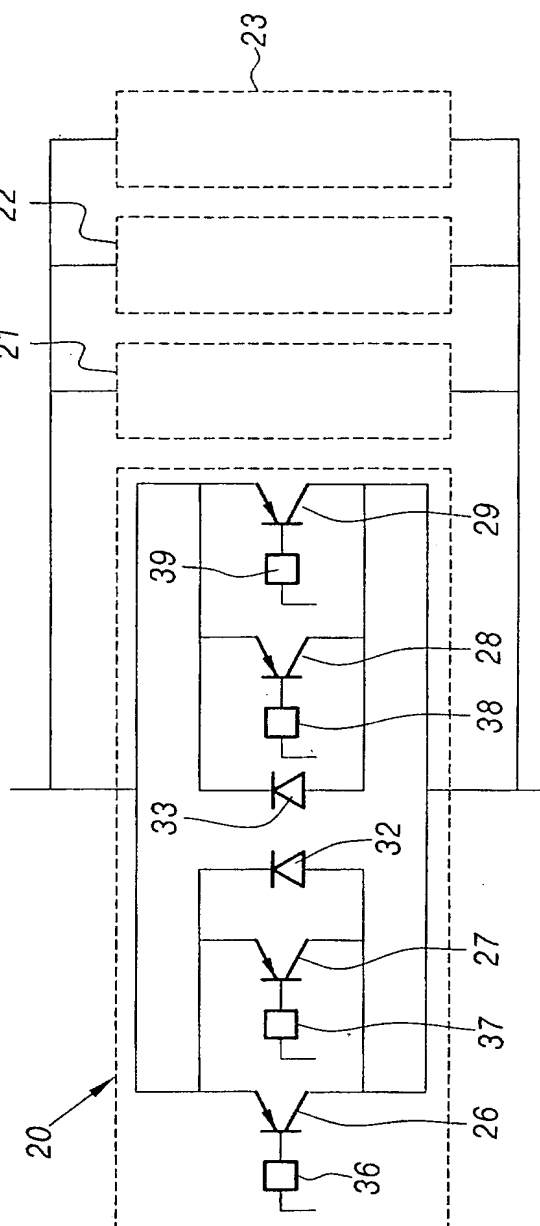
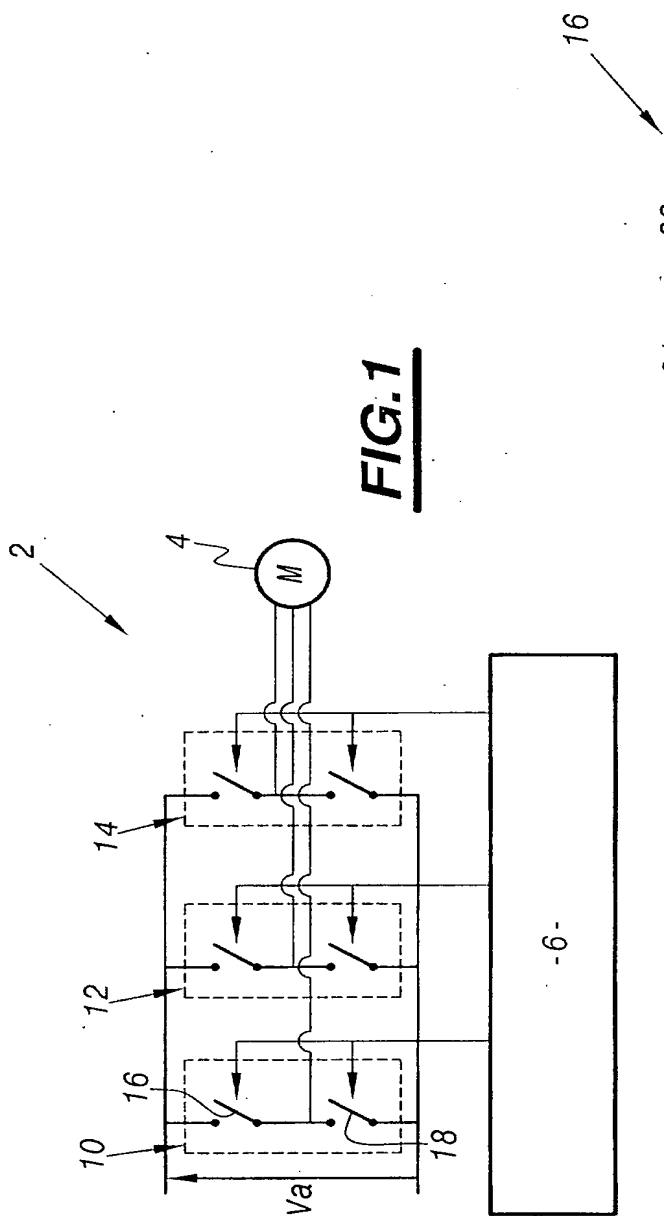
10. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque commutateur comporte :

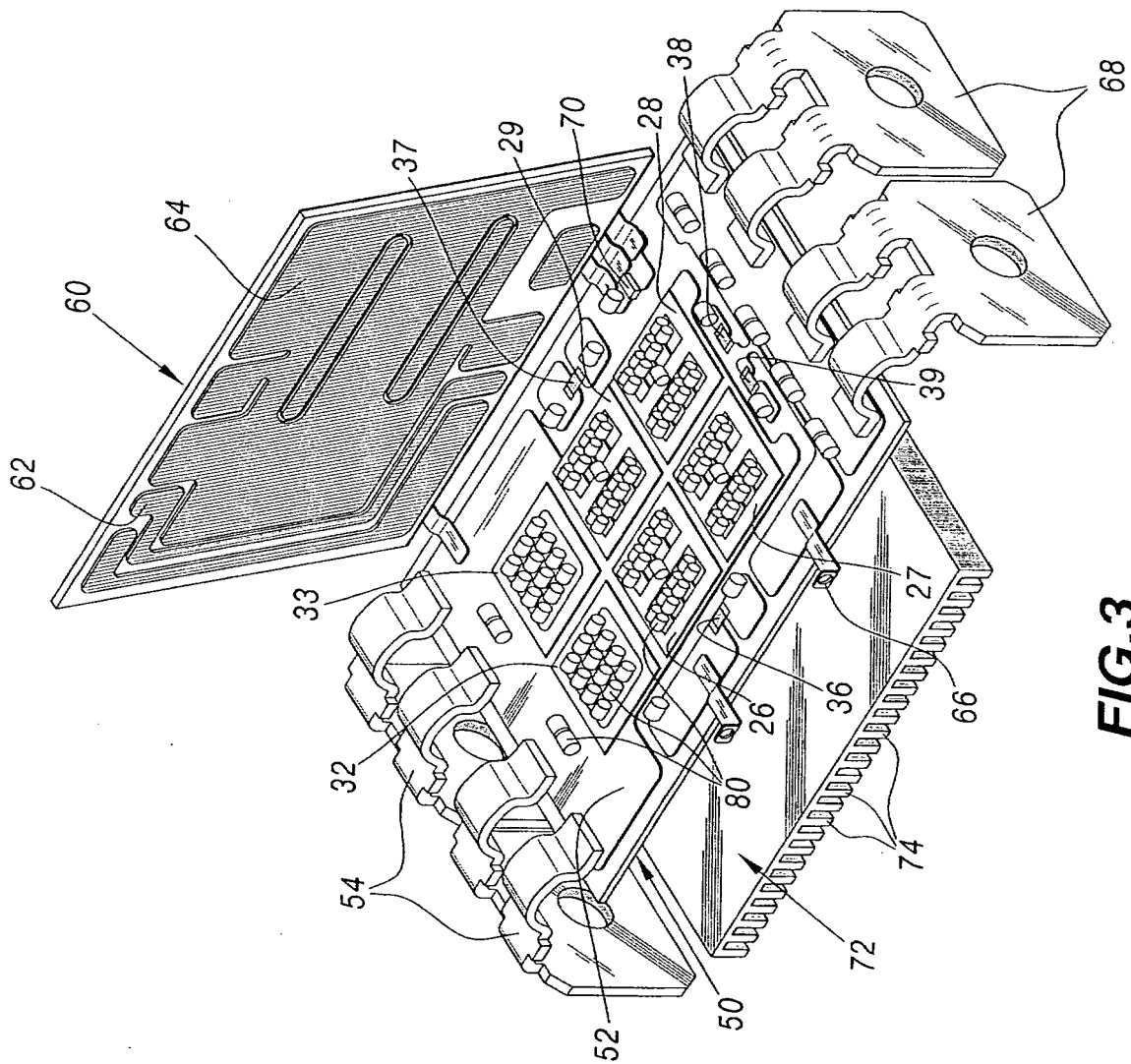
- plusieurs transistors (26 à 29), et
- 30 - des pistes électriques (62, 64) sur lesquelles l'émetteur et/ou la grille de chaque transistor est soudé, ces pistes étant réalisées sur une surface intérieure de la paroi (60) refroidie par le fluide de refroidissement qui circule dans l'évidement (133, 134).

11. Module selon la revendication 10, caractérisé en ce que chaque commutateur comporte en plus des pistes électriques (52) sur lesquelles le collecteur de chaque transistor (26 à 29) est soudé, ces pistes étant réalisées sur une surface intérieure de la paroi refroidie par le fluide de refroidissement qui circule dans un canal (96, 116).

12. Module selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que les transistors sont raccordés électriquement aux pistes électriques par l'intermédiaire de cylindres (80) de soudure fondus.

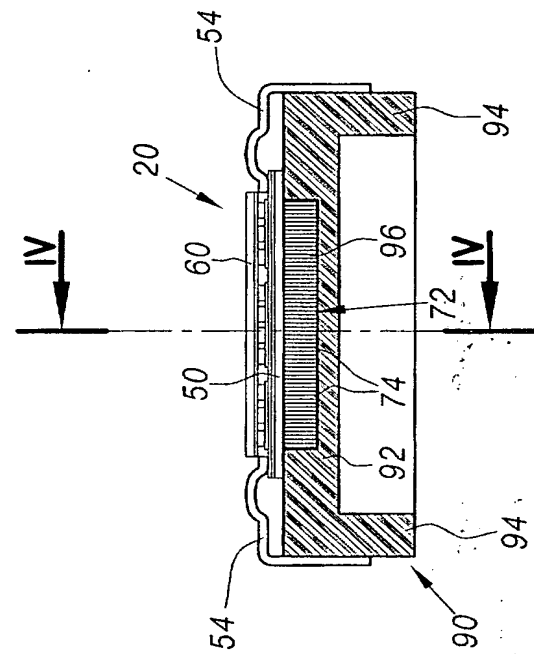
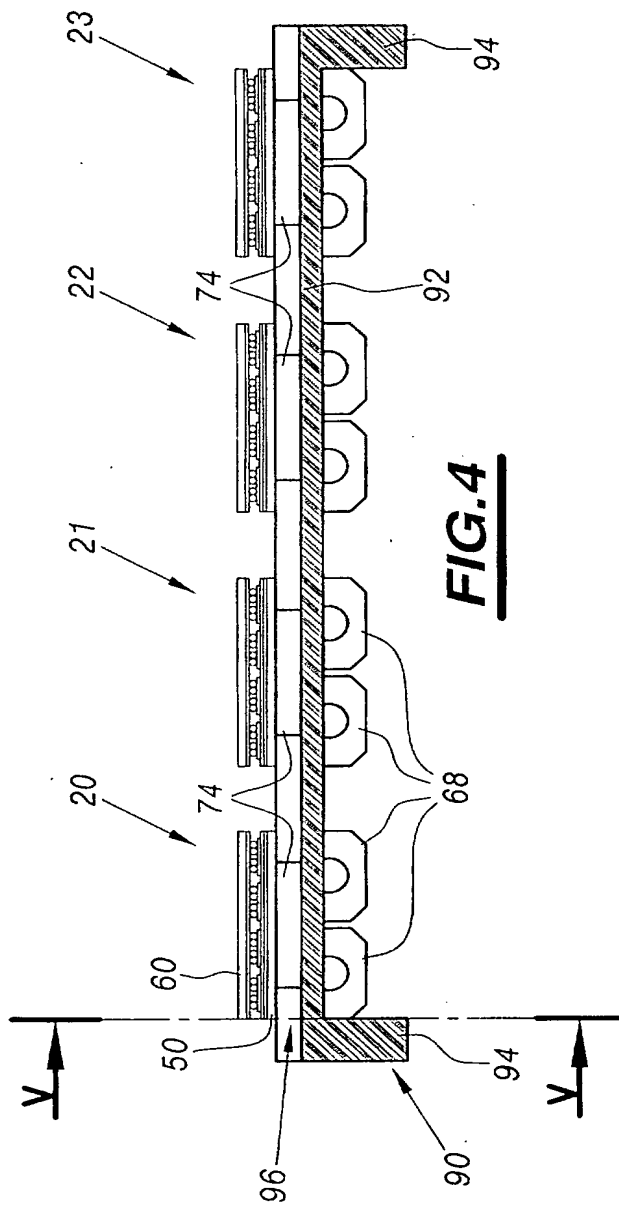
13. Onduleur polyphasé dans lequel chaque phase comporte deux interrupteurs (16, 18) formés chacun d'au moins un commutateur (20 à 23, 110 à 113), caractérisé en ce que les deux interrupteurs (16, 18) d'une même phase sont réalisés à l'aide d'un seul module de commutation de puissance conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.

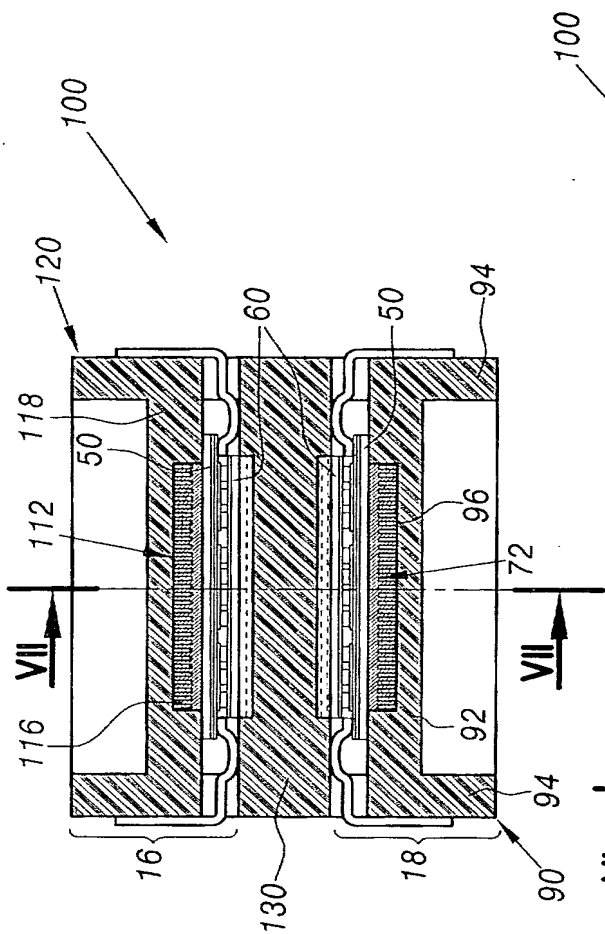




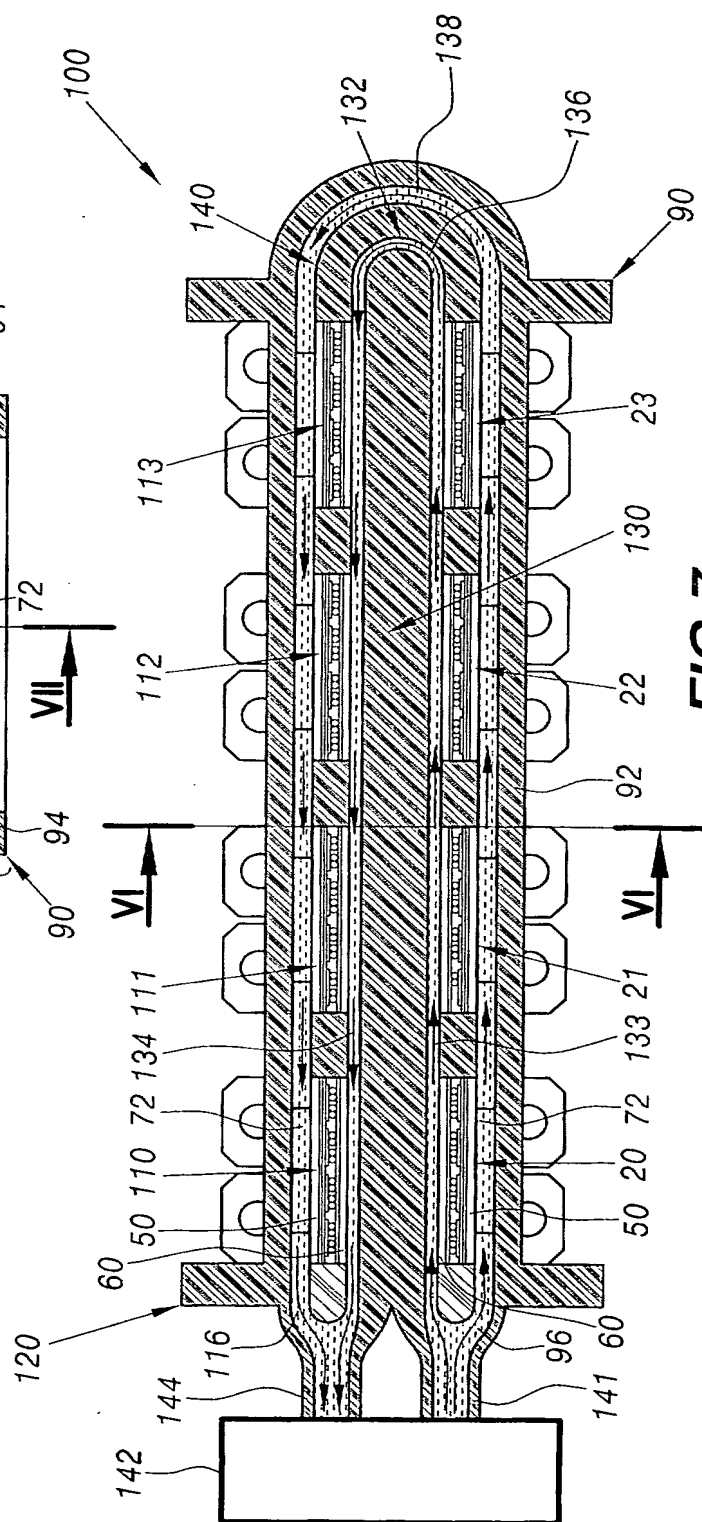
**FIG.3**







**FIG. 6**



**FIG. 7**



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

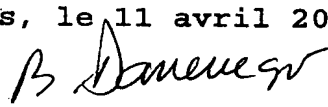
DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1. / .2.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BFF 03P0034
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03 04407
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Module de commutation de puissance et onduleur équipé de ce module.		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
ALSTOM		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1 Nom		MARTIN
Prénoms		Nathalie
Adresse	Rue	Résidence Vert Galant A21
	Code postal et ville	12, bd Henri IV 65000 TARBES - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
2 Nom		BOURSAT
Prénoms		Benoît
Adresse	Rue	2, allée du Labadie
	Code postal et ville	64320 BIZANOS - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
3 Nom		DUTARDE
Prénoms		Emmanuel
Adresse	Rue	1, rue de la Bareille
	Code postal et ville	64800 MIREPEIX - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S)		
DU (DES) DEMANDEUR(S)		
OU DU MANDATAIRE		
(Nom et qualité du signataire)		
Paris, le 11 avril 2003		
		
B. DOMENEGO		
n° 00.0500		

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° .2. / .2.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 113 W / 270501

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		<b>BEF 03P0034</b>
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		<b>03 04407</b>
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>		
Module de commutation de puissance et onduleur équipé de ce module.		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
ALSTOM		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b> Nom		<b>SAIZ</b>
Prénoms		José
Adresse	Rue	25, rue Jacques Prévert
	Code postal et ville	65800 AUREILHAN - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>2</b> Nom		<b>CETTOUR-ROSE</b>
Prénoms		Jacques
Adresse	Rue	6, Impasse des Fleurs
	Code postal et ville	65200 ORDIZAN - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>3</b> Nom		<b>SOLOMALALA</b>
Prénoms		Pierre
Adresse	Rue	2, rue Saint-Jean
	Code postal et ville	65800 AUREILHAN - FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b>		Paris, le 11 avril 2003
<b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b>		
<b>OU DU MANDATAIRE</b>		
(Nom et qualité du signataire)		B. DOMENEGO n° 00.0500